

Владимир Журавлёв, Александр Храмов, Сергей Завьялов

голосу. - М.: Радио и связь, 1981. – 224с. 8. Журавлев В. Н., Прокофьев М. И. Анализ результатов артикуляционных и сегментальных испытаний сигналов маскирования речи. Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. – 2006. – № 13. – С. 36 – 48.

УДК 681.32 (075)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ СКАНИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Михаил Глухимчук, Евгений Подгорный, Любовь Рябова

Национальный авиационный университет

Аннотация: Статья посвящена решению частного, но принципиального вопроса построения автоматизированных систем управления доступом по биометрическим характеристикам радужной оболочки глаза человека. Рассмотренная проблематика касается процесса формирования информационного описания изображений с помощью традиционных и рекурсивных алгоритмов сканирования. По результатам компьютерного моделирования шумового поля Гаусса-Маркова и обработки реальных изображений радужной оболочки глаза человека проведен сравнительный анализ спектральных и корреляционных характеристик.

Summary: The article refers to the presentation private, but principal question of build automating systems control access by biometrical characteristics cornea of eyes. The problem of the processing formation information description of image with use standard and recursive algorithm of scanning. The results of compute modeling noise field Gauss – Markov and results estimation of real images of cornea mans eyes.

Ключевые слова: Изображение, информационное поле, сканирование, энергетический спектр, корреляция

I Введение

Классическая система технической защиты информации главным образом основана на автономности и локальности ресурсов информационных систем. Концепция защиты предусматривает в качестве основной задачи ограничение круга пользователей и создание системы разграничения доступа пользователей в соответствии с категоричностью информации. Задача решается методом анализа наиболее перспективных аспектов построения систем технической защиты с использованием различных сенсорных или телебиометрических устройств, которые отличаются на сенсорном и метрическом уровнях. Сенсорные системы должны обладать определенным уровнем машинного интеллекта. Они обеспечивают непрерывный опрос терминалов биометрики, имеют свои базы данных и контролируют устройства управления доступом. Каждый из пользователей защищенных информационных ресурсов обладает уникальными биометрическими характеристиками, которые воспринимаются высоко безопасными биодетекторами, кодируются в уникальный идентификатор и передаются с помощью специальных протоколов аутентификации. Целый ряд биометрических характеристик человека анализируется сенсорными системами в виде статических и динамических изображений.

Среди множества задач, связанных с автоматическим распознаванием изображений (образов), в отдельный класс выделены задачи минимально достаточного описания образов или задачи разработки экономичных методов их кодирования. Очевидно, что одним из существенных препятствий при решении таких задач является наличие деформаций, уничтожающих или искажающих информацию о реальном образе. Здесь и далее по тексту в качестве образа рассматривается статическое цветное изображение радужной оболочки (РО) глаза человека. Учитывая возмущающее влияние деформаций, анализ образов проводится в два этапа.

Первый – этап компенсации влияния деформаций, который включает подавление шумов, фильтрацию, сглаживание, коррекцию нелинейных искажений [1, 2]. Причем часто процедура предварительной обработки образов заимствуется из теории связи, методов статистического вывода или теории информации, которая модифицируется с учетом наиболее общих и качественных свойств изображений. Успешность подобного подхода очевидна только при существенном ограничении изменчивости деформаций.

Второй этап – этап собственно экономичного кодирования изображений, с учетом статистической и пространственной избыточности. Именно избыточность изображений позволяет реализовать сжатие видеоданных не только при записи/хранении, но и осуществлять эффективный анализ этой преобразованной информации. В современную технологию сжатия визуальных данных включаются методы обработки изображений и распознавания образов, благодаря чему были разработаны более изощренные методы объектно-ориентированного кодирования изображений.

II Постановка задачи

Форма представления видеоданных может зависеть или не зависеть от способа получения информации исходного изображения РО и от способа обработки этой информации. Поэтому представляется весьма актуальным еще раз оценить информационное поле или степень соответствия между двумя ограниченными множествами $\{X\}$ и $\{S\}$, где X – область определения, а S – область значений характеристик поля, которую будем называть цветностью или яркостью. Далее под информационным полем будем понимать отображение $f: S \rightarrow D_m^p$ конечного множества S значений цветности или яркости, которые будем называть грациями, в многомерное дискретное пространство области определения X . Итак, первые ограничения, накладываемые на форму представления видеоданных, названную нами информационным полем – это ограниченные размеры самого поля и ограниченный диапазон изменения его характеристик. В рамках поставленной задачи будем считать, что информационное поле уже дискретизовано в области определения значений цветности РО и квантовано в области дискретных значений распознающей системы. Для удобства дальнейшего рассмотрения воспользуемся выражением для определения окончательного результата параметров оптимальной дискретизации изображений [3]:

$$\begin{cases} X_{i+1} = \frac{(y_i + y_{i+1})}{2}; \\ \int_{x=i}^{x_{i+1}} (x - y_i) p(x) dx = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где $p(x) = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ множество вероятностей, значения которых можно измерить экспериментально на множестве идентичных изображений.

Тогда для заданных функций плотности распределения входных данных и числа выходных цифровых величин можно получить набор оптимальных порогов дискретизации x_1, x_2, \dots, x_n , решив систему уравнений (1) методом итераций. Однако результат дискретизации входных данных при таком подходе существенно зависит от степени соответствия функции плотности распределения вероятности значений цветности ее оригинальному содержанию и оптимален только в смысле среднеквадратичного отклонения (СКО). Естественно, если используемая функция плотности вероятности не соответствует реальным входным данным, то не гарантируется, что ошибка дискретизации будет минимальной.

Из общих преобразований изображений наиболее полезным в практических приложениях является представление изображения в виде гистограммной функции $h(c)$, которая описывает соотношение числа пикселей различных значений цветности в составе целостного изображения

$$h(c) = \iint [f(x, y) = c] dx dy. \quad (2)$$

По данным анализа гистограммной функции можно сконструировать множество объектно-ориентированных групповых кодов переменной длины [4], в которых для повышения эффективности более короткие коды используются для наиболее часто встречающихся пикселей цветности. Поступая таким образом, мы не используем преимуществ, связанных с регулярностью структуры области значений характеристик поля РО.

III Экспериментальные исследования

Задача заключается в следующем: для данного класса изображений найти такие способы упорядочения элементов исходного массива, чтобы сохранить информацию о топологии многомерного пространства изображения, т. е. фактически определить способ оптимального сканирования.

Традиционными способами представления информационных полей на входе технической распознающей системы являются два способа сканирования: растровый и векторный. В первом случае указывается число, соответствующее цветности каждого элемента без записи координат элемента. Тогда логическая структура данных представляет r -мерный массив, каждый элемент которого – число. Чтобы не хранить дополнительно к каждому элементу его координаты в r -мерном массиве, необходимо иметь детерминированную процедуру сканирования, которая позволяет реализовать неявную схему привязки элементов данных к их координатам в информационном поле.

Современные системы автоматического распознавания изображений ориентированы на применение стандартных телевизионных средств, которые реализуют растровый метод преобразования информационного поля. Стандартный телевизионный метод сканирования, по существу, единственный, применяемый ныне на практике способ упорядочения элементов двумерного изображения.

При векторном представлении аналогично указывается число, эквивалентное цветности некоторых

элементов поля, а характеристики остальных – предполагаются известными. Логическая структура данных – трехмерный массив, в каждой строке которого явным образом указаны значения координат элемента данных и значение числа, эквивалентного цветности элемента.

Если первый метод сканирования реализует наиболее простую систему адресации данных, то второй – за счет выборочной адресации, позволяет реализовать существенное сжатие данных. Практически интересны такие развертки, которые обеспечивают наибольшую вероятность обнаружения наиболее характерных структурных (топологических) признаков изображения. С этой целью выполненные экспериментальные исследования включали анализ традиционных разверток (рис. 1) (стандартная телевизионная, спиральная и радиально – круговая) [5], в том числе и рекурсивных (Гильберта и Пиано) (рис. 2) [6], применительно к двум классам изображений: модели реализаций независимого шумового поля Гаусса-Маркова и реальных реализаций изображения РО в формате 128 x 128 элементов с 256 градациями яркости.

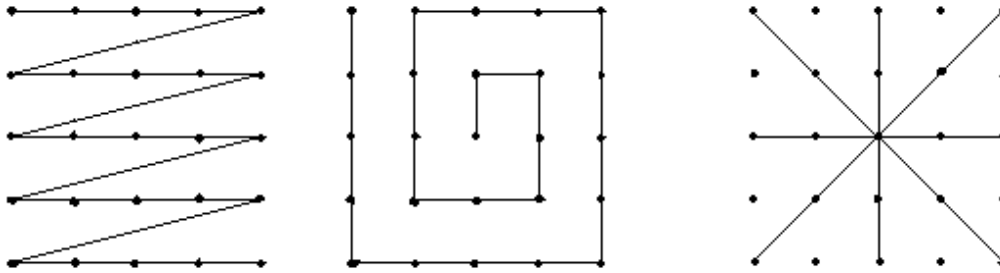


Рисунок 1 – Традиционные методы сканирования изображений



Рисунок 2 – Рекурсивные методы сканирования изображений

Модель информационного поля Гаусса-Маркова часто используется при обработке изображений, позволяя производить качественный, а в ряде случаев и количественный, теоретический анализ разрабатываемых методов и алгоритмов. В данной работе физическая реализация модели двумерного дискретного однородного поля Гаусса - Маркова первого порядка аналитически описывается выражением

$$f(j, k) = \Theta_1(j-1, k) + \Theta_2 f(j-1, k-1) + \Theta_3 f(j, k-1) + U(j, k). \quad (3)$$

Из выражения следует, что градация яркости пикселя (i, j) имеет пространственную связь с соседними пикселями $(j-1, k)$, $(j-1, k-1)$ и $(j, k-1)$, т. е градация яркости пикселя связана только с его верхним и нижним соседями. Степень этой зависимости описывается коэффициентами регрессии Θ_1 , Θ_2 , Θ_3 . Для двумерного поля Гаусса-Маркова, у которого коэффициенты корреляции вдоль строк и столбцов одинаковы, корреляционная матрица для строки (или столбца) марковского изображения имеет вид:

$$W = \begin{pmatrix} 1 & r & r^2 & r^{\sqrt{N}-1} \\ r & 1 & & \\ r^{\sqrt{N}-1} & & & 1 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где $\sqrt{N} = 2^m$

В ходе экспериментальных исследований это двумерное шумовое поле подвергалось преобразованию в одномерную последовательность отсчетов яркости, используя перечисленные виды разверток. Аналогичная

процедура использовалась для реальных изображений РО. В качестве критерия квазиоптимальности или предпочтения какого-либо интегрального алгоритма развертки используется степень соответствия статистических свойств двумерных изображений и одномерных массивов отсчетов. С этой целью проанализированы корреляционные функции и спектры мощности. Совпадение этих свойств свидетельствует о том, что интегральные преобразования над изображениями можно производить на основе одномерных последовательностей элементов яркости. Для последовательности отсчетов изображений, преобразованных различными методами развертки, корреляционная матрица имеет блочный вид

$$K_t = \begin{pmatrix} W & rW & \dots & r^{\sqrt{N}-1}W \\ rW & W & & \\ r^{\sqrt{N}-1}W & & & W \end{pmatrix} \quad (5)$$

где W определяется из (4).

Оценка τ -го отсчета автокорреляционной функции $R_t(\tau)$ получается усреднением всех элементов корреляционной матрицы K_t , находящихся на расстоянии τ от главной диагонали. Для рекурсивных разверток оценка $R_p(\tau)$ получена вычислением хемингова расстояния между элементами многомерного массива, имеющими расстояние τ в одномерной последовательности отсчетов.

Графики автокорреляционных функций для традиционных методов сканирования (1 – телевизионная, 2 – спиральная, 3 – радиально-круговая) $R_t(\tau)$ и рекурсивных методов сканирования (4 – Гильберта, 5 – Пиано) $R_p(\tau)$ изображений из (128 x 128) элементов шумового поля Гаусса-Маркова приведены на рис. 3. Аналогичные графики автокорреляционных функций реальных изображений РО приведены на рис. 4. Эмпирические графики представляют результат усреднения по ансамблю реализаций. Причем необходимо отметить, что высокая стабильность ансамбля и малая величина остаточной дисперсии (погрешности неидентичности) позволила существенно сократить запланированный объем статистической выборки, исходя из выполнения условий достаточности [7].

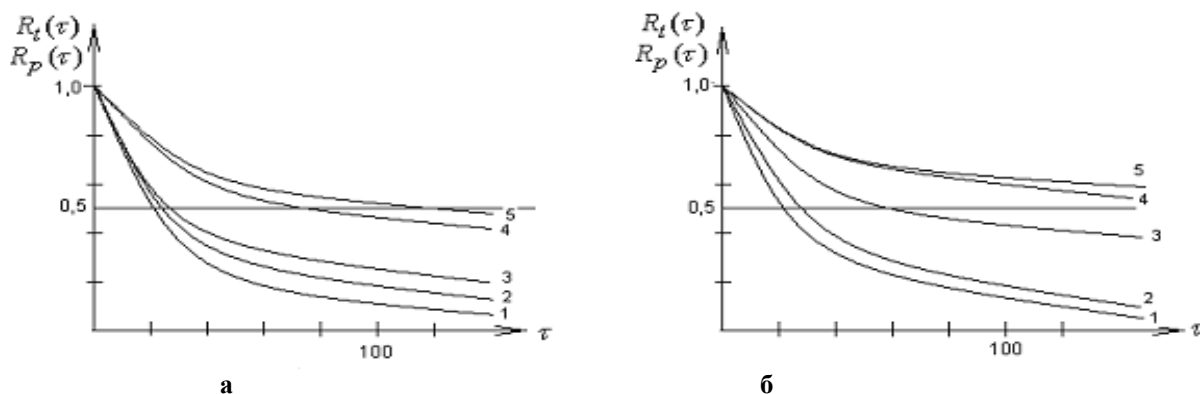


Рисунок 3 – Автокорреляционные характеристики различных методов сканирования
а – шумового поля Гаусса-Маркова
б – реальных изображений РО

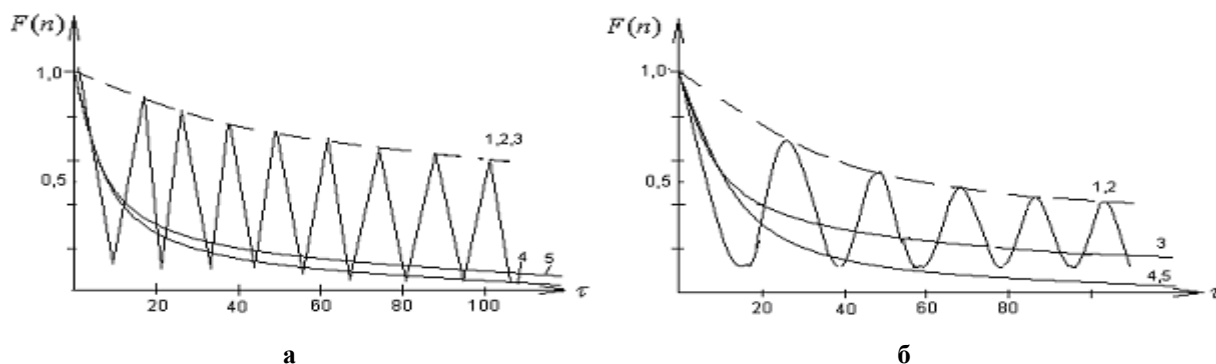


Рисунок 4 – Спектральные характеристики различных методов сканирования
а – шумового поля Гаусса-Маркова
б – реальных изображений РО

Первый вывод, который можно сделать по результатам анализа состоит в том, что рекурсивные развертки Гильберта и Пиано гораздо лучше сохраняют корреляционные связи между элементами шумового изображения, чем различные традиционные развертки. Действительно, если в двумерном поле взять окрестность τ элементов, то коэффициент корреляции между центральным и периферийными элементами составит $r^{\sqrt{\tau}}$. Подтверждением этого является экспоненциальное убывание автокорреляционных функций $R_p \approx r^{\sqrt{\tau}}$, а для традиционных разверток $R_t \approx r^{\tau}$. Энергетические спектры $F(n)$, полученные в результате преобразования Фурье экспериментальных автокорреляционных функций, свидетельствуют о том, что степень концентрации энергии на низких частотах выше для рекурсивных разверток, чем для любой из традиционных. Эта степень концентрации близка к той, которая получается при вычислении двумерного энергетического спектра исходного изображения. Корректность результата сравнения одномерного и двумерного спектров обеспечивается равенством n коэффициентов ряда для первого случая и $(\sqrt{n} \times \sqrt{n})$ для второго случая.

На рис. 3, б и рис. 4, б приведены аналогичные корреляционные и нормированные спектральные зависимости, полученные для реальных изображений РО. Среди приведенных результатов обращает внимание высокая степень корреляции для алгоритма радиально-круговой развертки, которая объясняется интегральным совпадением структуры изображения РО и структуры геометрического построения алгоритма сканирования.

IV Выводы

Рекурсивные алгоритмы сканирования с энергетической точки зрения наиболее предпочтительны для преобразования диффузных точечных изображений, которые не обладают свойствами регулярных структур либо свойства регулярности которых не определены в неявном виде. Другими словами, рекурсивные алгоритмы сканирования позволяют определить энергетические свойства изображений так же успешно, как и известные ортогональные преобразования.

Традиционные алгоритмы сканирования диффузных точечных изображений практически не различимы как по корреляционным, так и по спектральным характеристикам.

Отдельные методы традиционного сканирования структурированных изображений позволяют реализовать существенное сжатие видеоданных за счет выявления пространственной корреляции, используя методы группового или блочного кодирования.

Литература: 1. Форд Д., Понс Ж. Компьютерное зрение /– М., 2004.– 915 с. 2. Рябова Л. В. Типовые операторы обработки изображений радужной оболочки глаза // Сб. научн. тр. НАУ «Защита информации», – К., 2006.– 15 – 18 с. 3. Max T., Quantizing for minimum distortion // IRE Trans. Inf. Theory IT-16, 1980.– 7 – 12. 4. Морелос – Сарагоса Р., Искусство помехоустойчивого кодирования / М., 2005. – 243 с. 5. Ревенко В. Н. Комплексы средств отображения информации. – М., 1985.– 172 с. 6. Катленд Н. Введение в теорию рекурсивных функций / М.: Мир, 1983.– 256 с. 7. Климов Г. П., Кузьмин А. Д. Вероятность, процессы, статистика / М., 1985. – 232 с.

УДК 354:007

БЕЗПЕКА КІБЕРПРОСТОРУ ЯК ЕЛЕМЕНТ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

Євген Скулиш, Дарія Прокоф'єва

Головне управління по боротьбі з корупцією та організованою злочинністю СБ України

Анотація: Розглянуті особливості проблеми забезпечення безпеки міжнародного кіберпростору, що створився завдяки розвитку сучасних інформаційних технологій в умовах глобального інформаційного суспільства.

Summary: The article represents the research of problems the defense of cyberspace in global society.